

VULNERABILIDADE E FRAGILIDADE AMBIENTAL EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Environmental vulnerability and fragility in Conservation Units: A Systematic Review

Guilherme Oliveira Teixeira de Carvalho

Universidade Federal de São João del-Rei – UFSJ, Brasil

guilhermeotc@gmail.com

Geraldo Majela Moraes Salvio

Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, Brasil

geraldo.majela@ifsudestemg.edu.br

Múcio do Amaral Figueiredo

Universidade Federal de São João del-Rei, Brasil

muciofigueiredo@ufs.edu.br

Recebido: 23/04/2025

Aceito: 20/06/2025

Resumo

Este trabalho teve como objetivo realizar, por meio de uma Revisão Bibliográfica Sistemática, o levantamento de estudos relacionados à aplicação da vulnerabilidade e fragilidade ambiental em Unidades de Conservação, incluindo suas zonas de amortecimento. Nesse sentido, foram utilizados na busca apenas artigos científicos disponíveis nas bases de dados da SCIELO e do Portal de Periódicos da CAPES, sem delimitação temporal. Ao todo, 34 publicações foram incluídas na análise. Os resultados evidenciaram elevada vulnerabilidade e fragilidade ambiental na maioria das áreas estudadas, estando frequentemente associadas às ações antrópicas. Desta forma, torna-se fundamental que haja o fortalecimento dos diálogos e estabelecimento de parcerias entre a academia, a sociedade e o poder público, de forma a promover ações integradas voltadas à conservação da natureza e à preservação dos recursos naturais.

Palavras-chave: Planejamento ambiental, Área Natural Protegida, Produção científica.

Abstract

This study aimed to conduct a systematic literature review survey of studies related to the application of environmental vulnerability and fragility in Protected Areas, including their buffer zones. In this regard, only scientific articles available in the SCIELO database and the CAPES Journal Portal of Brazil were used in the search, without any temporal limitation. A total of 34 publications were included in the analysis. The results revealed high levels of environmental vulnerability and fragility in most of the areas studied, often associated with anthropogenic activities. Thus, it is essential to strengthen dialogue and establish partnerships among academia, society, and public authorities to promote integrated actions focused on nature conservation and the preservation of natural resources.

Keywords: Environmental Planning, Protected Natural Area, Scientific Production.

1. INTRODUÇÃO

Os conceitos de vulnerabilidade e fragilidade ambiental têm sido amplamente discutidos nas últimas décadas em diferentes áreas do conhecimento, assumindo significados variados conforme o fenômeno analisado. Embora estes termos sejam, por vezes, utilizados de forma semelhante na literatura, é importante ressaltar que diversos autores propõem distinções conceituais entre eles. A vulnerabilidade ambiental é definida por Aquino, Paletta e Almeida (2017) como a susceptibilidade que um sistema natural ou socioambiental apresenta frente aos impactos provocados por fatores externos, podendo ser influenciada tanto por características naturais quanto pela ação humana. Já a fragilidade ambiental, de acordo com Ross (1994), refere-se à susceptibilidade das próprias características intrínsecas relacionadas ao meio físico.

A crescente intensificação das pressões humanas sobre os ambientes naturais ao longo dos últimos séculos tem impulsionado o desenvolvimento de estudos voltados à compreensão da vulnerabilidade e fragilidade ambiental (Santos, 2015). A partir destes estudos, torna-se possível identificar áreas mais sensíveis à ocorrência de impactos ambientais, assim como avaliar as potencialidades e limitações quanto ao uso do solo de forma integrada. Desta forma, os trabalhos voltados a esta temática são cruciais para o planejamento e ordenamento territorial, contribuindo principalmente para a diminuição dos riscos relacionados à ocupação humana de forma desordenada (Pacheco; Castro, 2022).

No Brasil, as análises da fragilidade e vulnerabilidade ambiental têm sido aplicadas em diferentes escalas e recortes espaciais, especialmente em ambientes com baixa resiliência como em bacias hidrográficas (Medeiros *et al.*, 2023), regiões montanhosas (Calderano Filho *et al.*, 2018) e planícies costeiras (Souza; Vale, 2016). Além destes estudos, percebe-se também a aplicação destas análises em Unidades de Conservação (UC), um modelo de Área Natural Protegida tipicamente brasileiro, cuja função principal é a preservação da biodiversidade e dos recursos naturais (BRASIL, 2000).

Nesses territórios, as análises da fragilidade e vulnerabilidade ambiental têm se mostrado fundamentais para subsidiar as ações de planejamento e gestão, permitindo a definição de zonas de manejo (Almeida; Nishida; Lima, 2008), identificação de áreas prioritárias para conservação (Fanalli *et al.*, 2024) e a mitigação das pressões antrópicas (Santos; Faria, 2020). Assim, a realização de um levantamento bibliográfico sobre essa temática, no âmbito das UCs, justifica-se pela necessidade de sistematizar o conhecimento

já produzido, além de identificar as abordagens conceituais e metodológicas mais recorrentes e destacar as lacunas existentes na literatura.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo realizar, por meio de uma Revisão Bibliográfica Sistemática, o levantamento de estudos científicos relacionados à temática vulnerabilidade e fragilidade ambiental, com foco específico em pesquisas desenvolvidas nas UCs. A partir desta análise, buscou-se compreender as principais metodologias adotadas nas investigações e os resultados alcançados, com o intuito de identificar os fatores determinantes na avaliação da vulnerabilidade ambiental nessas áreas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Áreas Naturais Protegidas e Unidades de Conservação

Uma das formas encontradas por diversos países para conter o avanço da degradação ambiental a nível global é a criação de Áreas Naturais Protegidas (ANP). Elas são definidas como porções de terra ou mar destinadas à proteção e manutenção da diversidade biológica e dos recursos naturais e culturais associados, sendo administradas por meios de instrumentos legais ou outros mecanismos eficazes (Chape; Spalding; Jenkins, 2008). Tais áreas estão presentes em aproximadamente 17,6% da superfície terrestre e cerca de 8,4% da área marinha do mundo (UNEP-WCMC; IUCN, 2024).

No Brasil, entre as tipologias de ANP mais conhecidas pela população destacam-se as Unidades de Conservação (UC). Elas são consideradas espaços territoriais com características naturais relevantes, que visam proteger sobretudo ecossistemas, espécies e meios de vida das populações tradicionais. As UCs podem ser instituídas legalmente pelo poder público (federal, estadual e municipal) ou voluntariamente por iniciativa privada (BRASIL, 2000; Pinheiro; Silva; Solórzano, 2021);

A partir dos anos 2000, as UCs passaram a ser instituídas pela Lei Federal nº 9.985, que criou o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). Essa legislação estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das UCs pelo país. Com o intuito de conciliar a conservação da natureza com diferentes formas de uso do território e recursos naturais, o SNUC dividiu as UC em dois grandes grupos: Proteção Integral e Uso Sustentável (BRASIL, 2000).

As Unidades de Proteção Integral (Quadro 1) priorizam a preservação dos ecossistemas, com o mínimo de interferência humana, não permitindo assim o consumo, coleta, dano ou destruição dos recursos naturais. São compostas por 5 categorias de

manejo: Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre (BRASIL, 2000).

Quadro 1: Principais objetivos das categorias de manejo de Unidades de Conservação (UC) do grupo de Proteção Integral, segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.

Categoria de manejo	Principais objetivos
Estação Ecológica	Preservação da natureza e realização de pesquisas científicas.
Reserva Biológica	Preservação integral da biota e demais atributos naturais, sem interferência humana.
Parque Nacional	Preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica
Monumento Natural	Preservação de sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica.
Refúgio de Vida Silvestre	Proteger ambientes naturais para assegurar condições de existência ou reprodução de espécies.

Fonte: BRASIL, 2000.

Já o grupo de Uso Sustentável (Quadro 2) busca aliar a conservação da natureza com o uso racional dos recursos naturais, reconhecendo a importância das populações tradicionais e locais. São compostas por sete categorias: Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva do Desenvolvimento Sustentável, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna e Reserva Particular do Patrimônio Natural (BRASIL, 2000).

Quadro 2: Principais objetivos das categorias de manejo de Unidades de Conservação (UC) do grupo de Uso Sustentável, segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.

Categoria de manejo	Principais objetivos
Área de Proteção Ambiental	Proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais
Área de Relevante Interesse Ecológico	Manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso admissível dessas áreas, de modo a compatibilizá-lo com os objetivos de conservação da natureza
Floresta Nacional	O uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas
Reserva de Desenvolvimento Sustentável	Preservar a natureza e, ao mesmo tempo, assegurar as condições e os meios necessários para a reprodução e a melhoria dos modos e da qualidade de vida e exploração dos recursos naturais das populações tradicionais, bem como valorizar, conservar e aperfeiçoar o conhecimento e as técnicas de manejo do ambiente, desenvolvido por estas populações
Reserva Extrativista	Proteger os meios de vida e a cultura das populações extrativistas e tradicionais, e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade
Reserva de Fauna	É uma área natural com populações animais de espécies nativas, terrestres ou aquáticas, residentes ou migratórias, adequadas para estudos técnico-científicos sobre o manejo econômico sustentável de recursos faunísticos.
Reserva Particular do Patrimônio Natural	Conservar a diversidade biológica

Fonte: BRASIL, 2000.

Segundo dados do Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC), o Brasil dispõe de 3119 UC, considerando os três níveis de governo (federal, estadual e municipal), incluindo áreas particulares. Desse total, são 995 de Proteção Integral e 2124 de Uso Sustentável, que juntas cobrem aproximadamente 19% do território continental brasileiro e 26% da superfície marinha (BRASIL, 2025). A Tabela 1 mostra os números e a área das UC existentes no Brasil, por categoria.

Tabela 1: Panorama das Unidades de Conservação brasileiras, segundo o grupo e as categorias de manejo previstas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.

Grupo de Manejo	Categoria de manejo	Número	Área total (km ²)
Proteção Integral	Estação Ecológica	109	122.789,81
	Reserva Biológica	73	56.280,80
	Parque Nacional*	608	367.564,13
	Monumento Natural	98	116.971,81
	Refúgio de Vida Silvestre	107	7.294,91
	Total		995
Uso Sustentável	Área de Proteção Ambiental	509	1.310.899,39
	Área de Relevante Interesse Ecológico	100	1.310,10
	Floresta Nacional**	110	315.405,37
	Reserva Extrativista	98	157.710,55
	Reserva de Fauna	1	105,29
	Reserva de Desenvolvimento Sustentável	46	136.627,61
	Reserva Particular do Patrimônio Natural	1260	6.456,90
Total		2124	1.928.515,21
Total geral		3119	2.599.416,67

Nota: * Inclui os Parques Estaduais e Naturais Municipais; ** Inclui as Florestas Estaduais e Municipais.

Fonte: BRASIL. 2025.

2.2. Vulnerabilidade e fragilidade ambiental

A compreensão dos conceitos de vulnerabilidade e fragilidade ambiental é essencial para análises relacionadas ao planejamento territorial. Embora muitas vezes utilizados como sinônimos, esses termos possuem algumas diferenças conceituais importantes que refletem diferentes abordagens no estudo das dinâmicas ambientais (Miyazaki; Nunes, 2018).

A fragilidade ambiental, segundo Ross (1994), é um conceito amplo que tem origem em estudos relacionados à ecologia da paisagem e geomorfologia, podendo ser compreendida como a sensibilidade dos sistemas naturais a alterações impostas por fatores antrópicos ou naturais. Este autor foi um dos pioneiros neste tema no Brasil durante a década de 1990, desenvolvendo uma metodologia de análise da fragilidade ambiental em ambientes naturais (Sousa; Rocha, 2024), a partir do conceito de Unidades Ecodinâmicas estabelecido por Tricart (1977).

Ross (1994) desenvolveu o modelo a partir de duas abordagens: Fragilidade Potencial e Fragilidade Emergente. A primeira refere-se à avaliação da estabilidade ou equilíbrio dinâmico, considerando apenas os elementos do meio físico. A segunda, por sua vez, combina a Fragilidade Potencial com a variável uso e ocupação do solo, o que inclui basicamente atividades agrícolas, desmatamento, urbanização. O autor propõe uma hierarquia de variáveis para analisar a fragilidade ambiental, considerando, em ordem de importância: (i) relevo, (ii) tipo de solo, (iii) grau de proteção do solo (cobertura vegetal e tipos de uso da terra), e (iv) clima (pluviosidade).

Desde a proposta inicial de Ross, os estudos sobre fragilidade ambiental têm sido muito utilizados como ferramentas para o ordenamento territorial, passando por diversas adaptações e simplificações metodológicas (Medeiros *et al.*, 2023). Essas adaptações e simplificações buscam adequar as metodologias às diferentes escalas de análise e disponibilidade de dados, permitindo sua aplicação em contextos variados e recortes espaciais, variando desde, por exemplo, bacias hidrográficas (Vale; Francelino; Pinheiro, 2016; Lira; Francisco; Feiden, 2022), municípios (Pires *et al.*, 2015) e Área Natural Protegida (Figueirôa; Salvio, 2020).

A vulnerabilidade ambiental é um conceito multidimensional que descreve o grau de susceptibilidade de um sistema natural aos efeitos das interações externas, sendo influenciado tanto por características ambientais naturais quanto por pressões decorrentes das atividades humanas (Aquino; Paletta; Almeida, 2017). Para Figueiredo *et al.* (2010), a definição deste termo está relacionada a determinadas questões, problemas ou impactos relacionados ao meio ambiente, como processos erosivos e mudanças climáticas. Além disso, Jordão e Moretto (2015) associam este conceito a três componentes fundamentais: exposição, sensibilidade e resiliência.

Crepani *et al.* (2001) elaboraram uma metodologia para avaliação da vulnerabilidade ambiental à perda de solo, visando subsidiar o Zoneamento Ecológico Econômico nos estados da Amazônia Legal, com a utilização de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Este trabalho foi desenvolvido a partir da integração de dados temáticos preexistentes e imagens de satélite, com o objetivo de identificar áreas mais suscetíveis à degradação ambiental. Foram empregados valores relativos e empíricos, com base na relação morfogênese/pedogênese, para as variáveis geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e clima.

Desta forma, Crepani *et al.* (2001) propuseram uma equação para determinação da vulnerabilidade à perda de solos, em que o índice final é calculado a partir da média

aritmética das variáveis citadas anteriormente. Cada uma dessas variáveis é previamente classificada em uma escala de vulnerabilidade, com valores que variam de 1,0 (mais estáveis) a 3,0 (mais vulneráveis).

$$V = \frac{(G + R + S + Vg + C)}{5}$$

Onde:

V = Vulnerabilidade

G = vulnerabilidade para o tema Geologia

R = vulnerabilidade para o tema Geomorfologia

S = vulnerabilidade para o tema Solos

Vg = vulnerabilidade para o tema Vegetação

C = vulnerabilidade para o tema Clima

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo adotou a abordagem da Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS), com o objetivo de identificar, analisar e sintetizar a produção científica relacionada à temática vulnerabilidade e fragilidade ambiental aplicada às Unidades de Conservação. A RBS é um tipo de investigação científica orientada por uma questão de pesquisa claramente definida, buscando compilar dados sobre um determinado tema (Galvão; Pereira, 2014). Para conduzir este trabalho, foi realizada uma adaptação da metodologia proposta por estes autores, estruturada em cinco etapas principais: (i) elaboração das perguntas de pesquisa; (ii) busca na literatura; (iii) seleção e triagem dos artigos; (iv) tabulação e análise dos dados; e (v) redação e publicação dos resultados.

Segundo Galvão e Pereira (2014), a elaboração de perguntas de pesquisa claras e bem estruturadas é fundamental para o sucesso das demais etapas da RBS, servindo de base para a definição dos critérios de busca, seleção e análise dos estudos. Nesse sentido, este trabalho baseou-se nas seguintes questões norteadoras: (i) Quais são as metodologias e os indicadores mais utilizados nas avaliações de vulnerabilidade e fragilidade ambiental em UC? (ii) Quais as palavras-chave mais usadas nas publicações? (iii) Quais as categorias de UC mais estudadas? (iv) Como foi a evolução temporal da produção científica ao longo dos anos? (v) Quais periódicos científicos mais publicados sobre essa temática?

Posteriormente, foram utilizadas as bases de dados científicas da *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO) e do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). A busca foi realizada por meio da combinação de

palavras-chave com o uso de operadores booleanos, conforme os seguintes exemplos: “vulnerabilidade ambiental” AND “unidades de conservação”; “fragilidade ambiental” AND “unidades de conservação”. Além destas expressões, também foram incluídos nesta busca os nomes referentes a cada categoria de manejo de UC, conforme estabelece o SNUC (BRASIL, 2000).

Neste trabalho, foram selecionados apenas artigos científicos revisados por pares que abordaram a avaliação ou aplicação direta da vulnerabilidade e fragilidade ambiental, desenvolvidos no interior ou nas zonas de amortecimento das Unidades de Conservação brasileiras. Não foi definido período de pesquisa específico, contabilizando assim todos os artigos encontrados independentemente do ano de publicação. A coleta e levantamento dos dados ocorreram até a data de 31 de março de 2025.

Nesse sentido, excluem-se desta seleção trabalhos em formato de resumo, editoriais, artigos de opinião, teses, dissertações, monografias, entre outros. Além disso, estudos desenvolvidos em outras tipologias de Áreas Naturais Protegidas também não foram contabilizados para análise.

Os dados foram organizados e tabulados em uma planilha eletrônica disponível no *software* Microsoft Office Excel (MICROSOFT CORPORATION, 2021), contendo as seguintes informações referentes a cada publicação: título, autores, palavras-chave, objetivo geral, ano de publicação, área de estudo, periódico científico, metodologia e indicadores utilizados na determinação da vulnerabilidade e fragilidade ambiental.

Após a obtenção da lista de artigos publicados, realizou-se a triagem a fim de identificar e retirar possíveis publicações repetidas encontradas em diferentes bases de dados. Foram analisados a partir da leitura dos trabalhos os aspectos relacionados às principais metodologias e indicadores utilizados na avaliação, além dos resultados e contribuições obtidos pelos estudos científicos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Revisão Bibliográfica Sistemática resultou em um total de 34 artigos científicos que abordaram a temática da vulnerabilidade e fragilidade ambiental em Unidades de Conservação, considerando tanto o ambiente interno dessas áreas quanto suas zonas de amortecimento. Os estudos analisados apresentam ampla diversidade em termos de enfoques metodológicos, categorias de UCs abordadas e distribuição geográfica, o que evidencia a complexidade e a transversalidade do tema.

Com relação à distribuição temporal (Figura 1), nota-se o aumento significativo no número de publicações a partir de 2011, com maior concentração entre os anos de 2015 e 2024. Esse crescimento nos últimos anos pode estar relacionado ao avanço das discussões sobre mudanças climáticas, uso e ocupação do solo e políticas públicas de conservação, além da popularização das geotecnologias aplicadas à análise ambiental. Esse cenário também reflete o amadurecimento da abordagem integrada entre conservação da natureza e vulnerabilidade socioambiental.

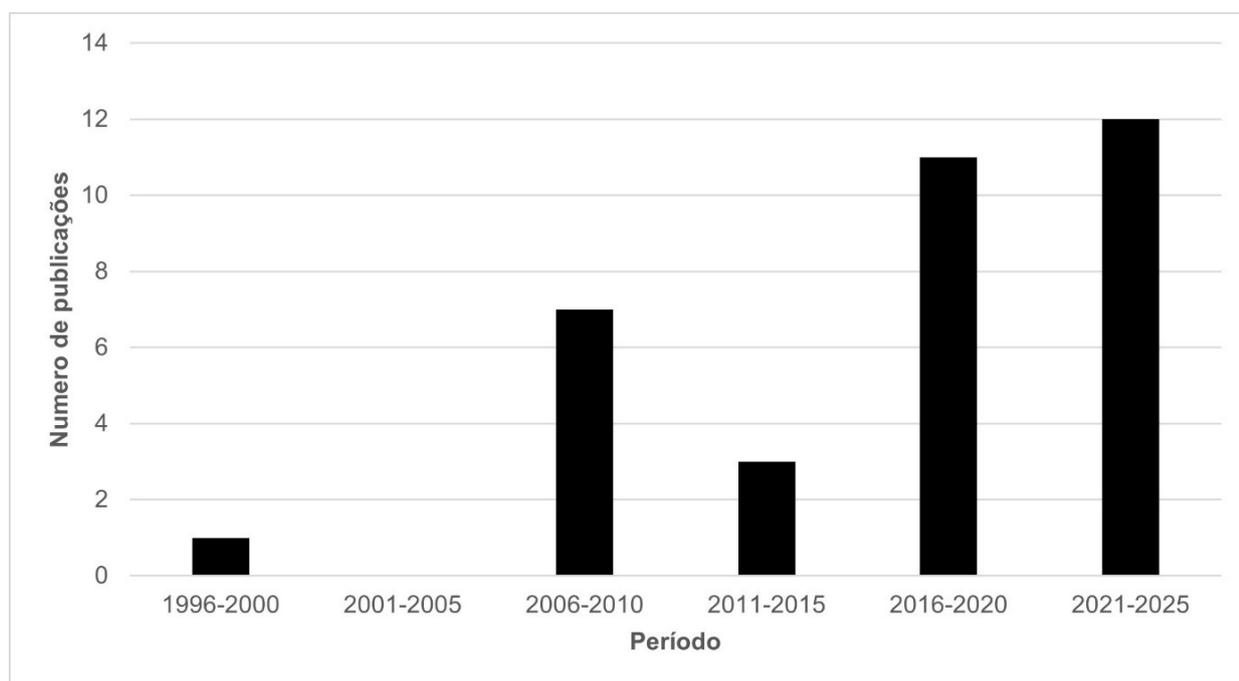


Figura 1 – Evolução do número de publicações identificadas sobre estudos relacionados à vulnerabilidade e fragilidade ambiental desenvolvidos em Unidades de Conservação no Brasil entre 1996 e 2025 (n=34).

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Quanto à distribuição geográfica (Figura 2), a maior parte dos estudos foi desenvolvida na região sudeste brasileira, especialmente nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. A concentração nessa região se dá, em grande parte, pela predominância do bioma Mata Atlântica, o qual, além de abrigar a maior densidade populacional do país, é também um dos mais degradados pela ação humana (Carvalho; Silva; Salvio, 2022). A intensa urbanização, a expansão agrícola e industrial, bem como a fragmentação dos remanescentes florestais, tornam a Mata Atlântica uma das áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade em todo o mundo (Ribeiro *et al.*, 2009).

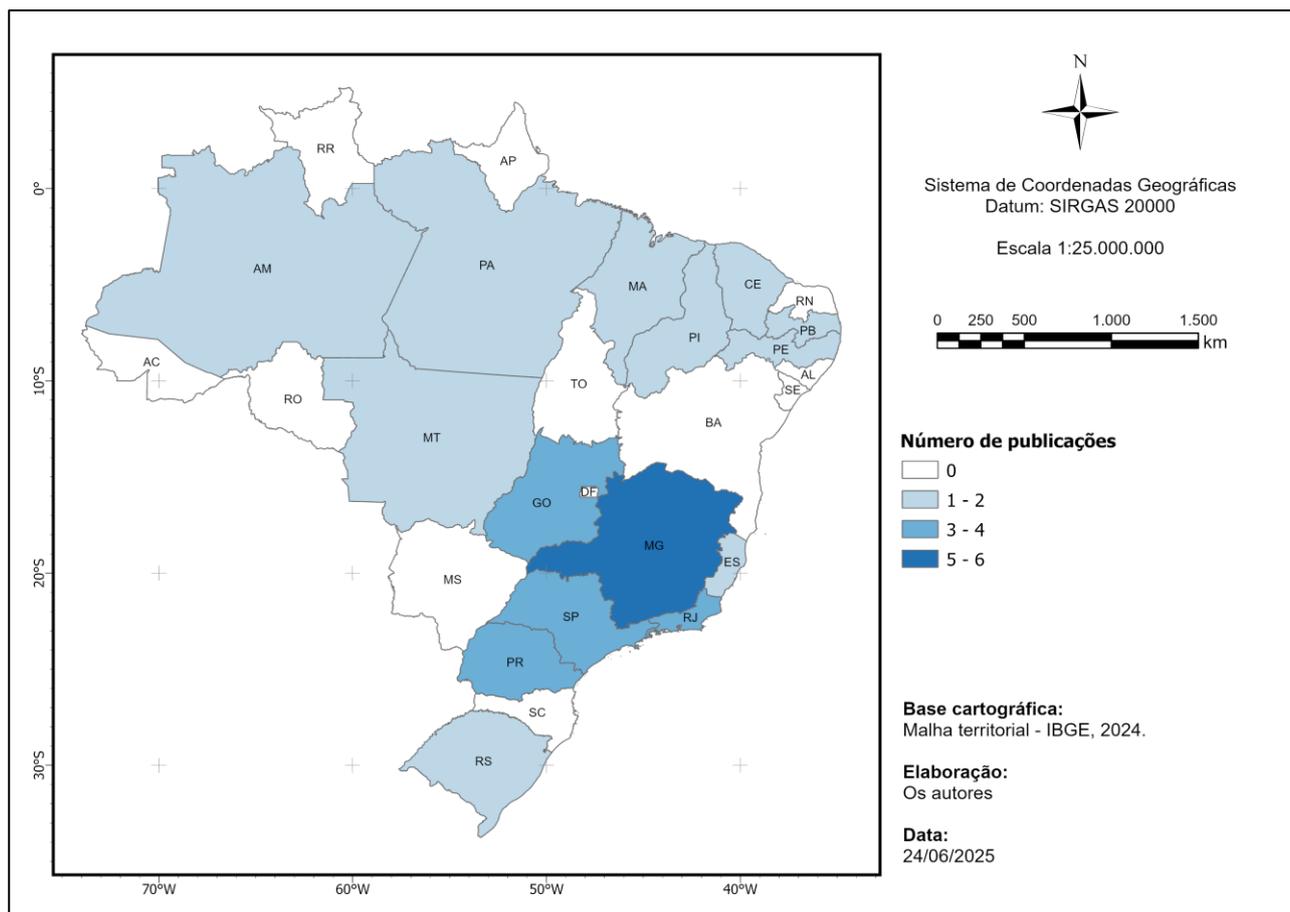


Figura 2 – Mapa de distribuição de publicações científicas sobre fragilidade e vulnerabilidade ambiental desenvolvidas em Unidades de Conservação no Brasil por Unidade da Federação (n=34).

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Foram identificados 28 periódicos diferentes (Tabela 2), com a publicação de artigos majoritariamente distribuídos nas áreas de geografia, ciências ambientais e ecologia aplicada, como a *Revista Sociedade e Natureza*, *Ciência Florestal* e *Revista Brasileira de Geografia Física*. Essa variedade evidencia o caráter interdisciplinar do tema vulnerabilidade e fragilidade ambiental, sendo abordada tanto sob uma perspectiva físico-natural quanto socioambiental.

A análise das palavras-chave mais frequentes (Tabela 3) revela tendências claras nas pesquisas sobre conservação da natureza, sobretudo em contextos de planejamento ambiental. O termo “Unidades de Conservação” foi o mais utilizado nos estudos científicos, o que mostra a importância dessas áreas para a conservação da biodiversidade e dos recursos naturais. A palavra “vulnerabilidade” aparece em segundo lugar na lista, sinalizando a preocupação com os riscos ambientais, sejam eles decorrentes de processos naturais ou induzidos pelas ações antrópicas.

Tabela 2: Número de publicações por periódico científico sobre estudos relacionados à vulnerabilidade e fragilidade ambiental desenvolvidos em Unidades de Conservação no Brasil.

Periódico científico	Número de publicações
Revista Sociedade e Natureza	3
Revista Geografar	2
Nativa	2
Gaia Scientia	2
Ciência Florestal	2
Revista do Departamento de Geografia – USP	1
Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade	1
Revista Brasileira de Geografia Física	1
Revista Brasileira de Cartografia	1
Revista Árvore	1
Revista Escola de Minas (REM)	1
Multi-temas	1
RCIAMB	1
Holos Environment	1
GeoUSP	1
Geosul	1
Geographia	1
Geografia Ensino & Pesquisa	1
Geo UERJ	1
Floresta	1
Entre-Lugar	1
Enciclopédia Biosfera	1
Conexão Ciência e Tecnologia	1
Colloquium Exactarum	1
Brazilian Journal of Development	1
Boletim Goiano de Geografia	1
Ateliê Geográfico	1
Acta Geográfica	1

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Tabela 3: Frequência das dez palavras-chave mais utilizadas nos estudos relacionados à vulnerabilidade e fragilidade ambiental desenvolvidos em Unidades de Conservação no Brasil.

Palavra-chave	Frequência
Unidades de Conservação	10
Vulnerabilidade	6
Geoprocessamento	6
Planejamento ambiental	5
Áreas protegidas	4
Sistema de Informação Geográfica (SIG)	4
Fragilidade	4
Gestão ambiental	3
Erosão	3
Sensoriamento remoto	2

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Ferramentas como o Geoprocessamento, Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e Sensoriamento remoto são consideradas fundamentais para a análise espacial do território. Essas palavras-chave têm sido cada vez mais utilizadas em estudos ambientais,

principalmente a partir dos anos 1980-1990, com o intuito de analisar os riscos naturais, ambientais, sociais e tecnológicos (Pavanin; Cherubim; Lázaro, 2017).

No que se refere às categorias de manejo abordadas nas publicações (Figura 3), observa-se a predominância significativa da categoria “Parque”. Este modelo de UC representa a tipologia de Área Natural Protegida brasileira mais antiga e popular (Torres; Cosenza, 2017), no qual busca conciliar a proteção integral dos ecossistemas com atividades de educação e interpretação ambiental, recreação em contato com a natureza pública e de turismo ecológico (BRASIL, 2000).

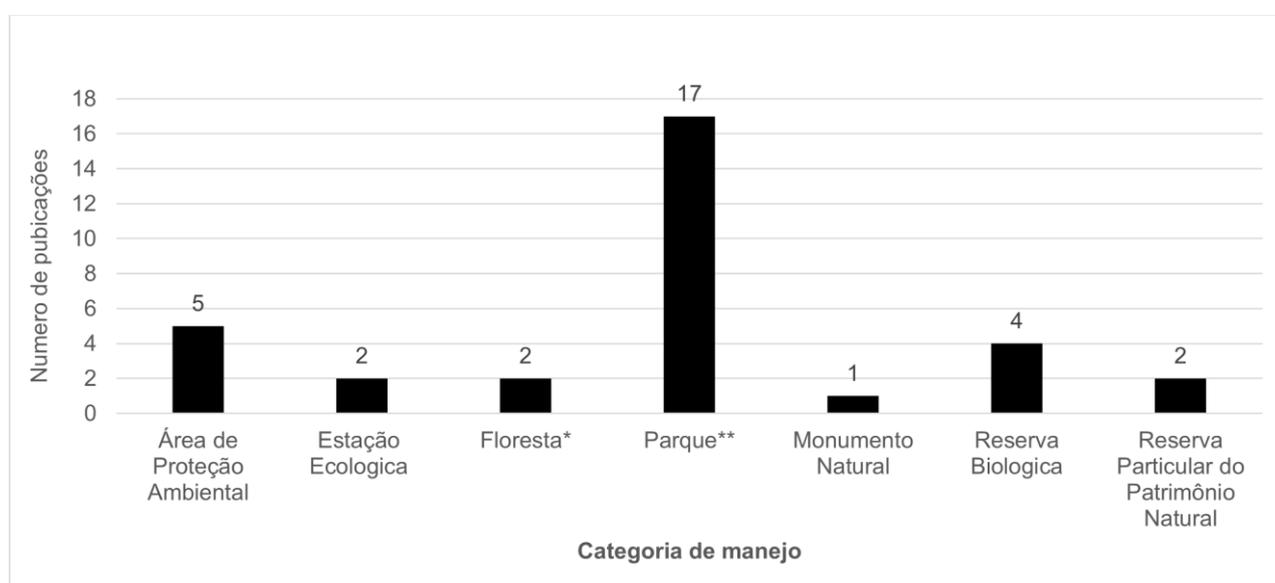


Figura 3 – Número de publicações identificadas sobre estudos relacionados a vulnerabilidade e fragilidade ambiental em Unidades de Conservação no Brasil, por categoria de manejo, segundo estabelece o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 (n=34)
 Nota: * Inclui as Florestas Nacionais, Estaduais e Municipais; **Inclui os Parques Nacionais, Estaduais e Naturais Municipais.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

As Áreas de Proteção Ambiental (APA) ocupam o segundo lugar, possuindo no total cinco publicações. Esse tipo de UC permite certo grau de ocupação humana e, devido à existência de diversas pressões e ameaças que dificultam as ações de planejamento e gestão das Unidades, esta categoria de manejo em geral enfrenta vulnerabilidades (Carvalho; Silva; Salvio, 2022). Desta forma, essas características podem atrair o desenvolvimento de estudos científicos nessas áreas, especialmente aqueles voltados à gestão integrada e ao planejamento territorial.

As outras categorias (Estação Ecológica, Floresta, Monumento Natural, Reserva Biológica e Reserva Particular do Patrimônio Natural) foram menos representativas nesta pesquisa. Isso pode se justificar devido a algumas razões, entre elas: (i) a existência de

poucas Unidades implantadas no Brasil; (ii) acesso restrito ou privado; e (iii) menor visibilidade pública ou científica. Portanto, percebe-se que esse panorama indica uma concentração de estudos em categorias de manejo com maior interface com a sociedade, ao passo que categorias mais restritivas, apesar de sua importância ecológica, ainda carecem de maior aprofundamento científico (BRASIL, 2000; Pureza; Pellin; Pádua, 2015; Salvio, 2017).

É importante ressaltar que foram identificados nesta pesquisa trabalhos sobre vulnerabilidade e fragilidade ambiental desenvolvidos em mais de uma categoria de manejo de UC. Silva *et al.* (2024), por exemplo, avaliaram a vulnerabilidade em 270 Unidades da Amazônia Legal Brasileira, uma região que engloba cerca de cinco milhões de km² e que está criticamente ameaçada pela ação humana. Entre as categorias mais vulneráveis analisadas neste estudo, destacam-se sobretudo as Áreas de Proteção Ambiental e Reservas Extrativistas.

Carvalho, Silva e Salvio (2022) elaboraram também um diagnóstico de vulnerabilidade ambiental em 24 Áreas de Proteção Ambiental localizadas no bioma Mata Atlântica presentes na região sudeste brasileira. Este estudo identificou valores predominantemente de baixa e média vulnerabilidade, evidenciando a necessidade do poder público de implantar ações efetivas para redução dos impactos da degradação em virtude do avanço das atividades agrícolas, industriais e urbanas presentes na região.

Entre os principais métodos utilizados no mapeamento e aplicação da vulnerabilidade e fragilidade ambiental, destacam-se as metodologias propostas por Ross (1994) e Crepani *et al.* (2001). Estes autores foram citados em 15 publicações, o que representa quase a metade do total de artigos identificados nesta pesquisa. Além destes estudos, verificou-se também o emprego da Análise de Decisão Multicritério (MCDA). Segundo Weiss e Pippi (2019), o MCDA é definido como uma técnica que combina dados geográficos e julgamentos técnicos com o objetivo de identificar e priorizar áreas com diferentes níveis de adequação de uso, sendo fundamental no planejamento de cidades.

Dentre os métodos aplicados na MCDA, ressalta-se a integração entre o Processo de Análise Hierárquica (AHP) e a lógica fuzzy, técnicas utilizadas no estudo elaborado por Scaramussa *et al.* (2023), por exemplo. Essa combinação metodológica permite hierarquizar critérios por meio de comparações pareadas (AHP), enquanto a lógica fuzzy incorpora a incerteza e a subjetividade dos dados ambientais, possibilitando uma representação mais precisa das variáveis contínuas.

Quanto à análise do uso de variáveis utilizadas na determinação da vulnerabilidade e fragilidade ambiental, percebe-se que a declividade é o fator mais recorrente, aparecendo em 19 publicações no total. Isso destaca a importância desse indicador na dinâmica dos processos erosivos e na instabilidade ambiental. Outros elementos frequentemente considerados são geologia, pedologia, geomorfologia e uso e ocupação do solo, conforme mostra a Tabela 4, o que demonstra a ênfase dos estudos em compreender as principais características naturais e antrópicas da paisagem.

Tabela 4: Frequência das 10 variáveis mais utilizadas nos estudos sobre vulnerabilidade e fragilidade ambiental desenvolvidos em Unidades de Conservação no Brasil.

Variáveis	Frequência
Declividade	19
Uso e ocupação do solo	12
Pedologia	9
Geologia	8
Relevo	7
Geomorfologia	6
Vegetação	5
Hidrografia	4
Erosividade	2
Clima	2

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Na grande maioria dos estudos analisados, foi verificada a utilização das ferramentas tecnológicas na elaboração do mapeamento e aplicação da vulnerabilidade e fragilidade ambiental, incluindo o Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Dias, Martins e Barros (2020) afirmam que muitos estudos científicos têm aplicado esses instrumentos geoespaciais em estudos ambientais, com o intuito de auxiliar na gestão, implementação, delimitação, zoneamento, planejamento e fiscalização das UC em geral.

Outro ponto importante a ser considerado é sobre a utilização de trabalhos com levantamento de campo. Dos 34 estudos analisados, apenas 15 realizaram alguma coleta de dados *in loco*. Isso pode estar associado à maior utilização de ferramentas remotas, dentre elas as geotecnologias, por exemplo, em virtude da sua maior viabilidade financeira e logística em relação à observação direta, justificando, assim, essa escolha em certas ocasiões.

Os estudos analisados apontam em geral fragilidade mediana e elevada na maioria das UC, com destaque para áreas que apresentam fragmentação da vegetação nativa, uso agrícola e urbano extensivo. A intervenção humana foi apontada como fator determinante em diversos trabalhos relacionados à vulnerabilidade e fragilidade ambiental, evidenciando

que o uso do solo é considerado a variável que mais influencia diretamente na degradação do ambiente.

Alguns autores também avaliaram a vulnerabilidade e fragilidade ambiental presentes nas zonas de amortecimento das UC. Reis e Costa (2017), por exemplo, realizaram o mapeamento da vulnerabilidade das Áreas de Preservação Permanente situadas na zona de amortecimento do Parque Estadual de Ibitipoca, em Minas Gerais. Os resultados indicaram que aproximadamente 70% da área estabelecida por APP foi classificada como média e alta vulnerabilidade, evidenciando a necessidade de investimentos em programas de manejo e conservação nessas regiões estratégicas para a proteção dos ecossistemas.

Scaramussa *et al.* (2023) encontraram da mesma forma elevada vulnerabilidade ambiental no entorno do Monumento Natural de Itabira, no estado do Espírito Santo. Os resultados enfatizam a urgência da criação do plano de manejo e da atualização da lei de criação da referida Unidade, instrumentos considerados essenciais e obrigatórios para garantir a gestão adequada de qualquer UC. Martins, Damasceno e Oliveira (2020) também obtiveram resultados semelhantes na zona de amortecimento no Parque Nacional das Emas, em Goiás.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos analisados evidenciaram elevada vulnerabilidade e fragilidade ambiental na maioria das UCs, indicando que as ações humanas constituem o principal fator responsável pela degradação da paisagem. A fragmentação dos remanescentes florestais aliada ao aumento das áreas antropizadas sem o manejo adequado tem favorecido o desenvolvimento de zonas mais suscetíveis à ocorrência de impactos ambientais. Este cenário compromete a manutenção dos serviços ecossistêmicos e a conservação da biodiversidade.

De acordo com levantamentos oficiais, o Brasil dispõe de pouco mais de 3100 UC. Contudo, os resultados obtidos nesta pesquisa indicam que menos de 1% dessas Unidades contam com estudos científicos que abordem a temática da vulnerabilidade ou fragilidade ambiental. Essa lacuna revela a falta de articulação entre a academia, a sociedade e o poder público, dificultando a aplicação efetiva do conhecimento na formulação de políticas públicas e no planejamento ambiental. Nesse contexto, torna-se fundamental fortalecer o diálogo e estabelecer novas parcerias entre esses setores, de forma a promover ações integradas voltadas à conservação da natureza e à preservação dos recursos naturais.

Os resultados obtidos nesta pesquisa mostraram também que em geral as áreas de estudo analisadas têm enfrentado diversas dificuldades, entre as quais destacam a falta de fiscalização e monitoramento, carência de recursos financeiros e ausência de instrumentos básicos de gestão como planos de manejo e conselhos gestores. Esses entraves comprometem a efetividade das UC, potencializando ainda mais a sua vulnerabilidade e fragilidade ambiental.

Ficou evidenciada neste trabalho a carência de estudos sobre fragilidade e vulnerabilidade ambiental nas categorias de manejo de UC onde a pesquisa científica não é só permitida, mas também incentivada, como nas Reservas de Desenvolvimento Sustentável e Reservas Extrativistas. Além destas, destaca-se também a baixa quantidade de publicações sobre essa temática nas Estações Ecológicas, Reservas Biológicas, Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre. Estes modelos do grupo de Proteção Integral considerados menos restritivos do sistema possuem como objetivo básico a realização de pesquisas científicas.

Além disso, observou-se também durante a realização desta pesquisa que a utilização das geotecnologias tem se consolidado como instrumentos essenciais na elaboração de estudos relacionados ao diagnóstico, monitoramento e análises ambientais. Nesse contexto, trabalhos sobre vulnerabilidade e fragilidade baseados nestas ferramentas tecnológicas deveriam ser obrigatórios para a gestão efetiva em UCs, como forma de monitorar a qualidade ambiental dessas áreas, bem como identificar problemas e possibilidades de correção.

Observou-se ainda dificuldades na obtenção de mapas digitais temáticos oficiais em escalas adequadas, maiores, menores ou iguais a 1:50.000. A escala dos mapeamentos oficiais ainda é um preocupante gargalo, pois, dada a grande variação areal das UCs, as menores demandam mapeamentos em escalas maiores para que a vulnerabilidade e a fragilidade ambiental sejam compreendidas em detalhes.

Este trabalho mostrou ainda, dentro do escopo da importância dos estudos ora realizados, que complicações de ordem gestora apontadas comprometem a efetividade da UC. No entanto, para que a metodologia aqui utilizada com sucesso possa ser potencializada em toda a sua plenitude para captar mudanças na vulnerabilidade e fragilidade ambiental da UC, principalmente as menores, pressionadas por atividades antrópicas diversas no seu entorno, as escalas dos mapas temáticos oficiais (geologia, solos, vegetação, geomorfologia, por exemplo) disponíveis deveriam ser mais adequadas, pois, na maioria das vezes, estão disponíveis em escalas menores, acima de 1:100.000,

apresentando muitas generalidades, comprometendo o resultado final. Ainda que produtivo e importante, poderia ter uma maior eficácia se realizado sobre mapas elaborados em escalas maiores. A elaboração de mapas temáticos sobre imagens orbitais de alta resolução poderia ser uma saída para este preocupante gargalo. Porém, demandaria maior tempo de trabalho, envolvimento de uma equipe maior de especialistas, incidindo em aumento dos custos do produto, principalmente para os municípios menores com recursos financeiros e técnicos limitados.

Por fim, reitera-se que este trabalho poderá fornecer subsídios para o desenvolvimento de novas pesquisas em UC relacionadas às questões de vulnerabilidade e fragilidade ambiental. Destaca-se a importância e necessidade do conhecimento integrado entre os diversos ramos das ciências ambientais e sociais, por meio da abordagem interdisciplinar que possibilita a compreensão ampliada das dinâmicas socioambientais.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, N. V. A.; NISHIDA, K.; LIMA, E. R. V. Sistema de Informação Geográfica na Avaliação da Vulnerabilidade Física da Área de Proteção Ambiental de Tambaba, PB. **Gaia Scientia**, v. 1, n. 2, p. 73-87, 2008.

AQUINO, A. R.; PALETTA, F. C.; ALMEIDA, J. R. **Vulnerabilidade ambiental**. São Paulo: Blucher, 2017. 112p.

BRASIL. **Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000**. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 19 jul. 2000. Seção 1, p. 45-48.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Cadastro Nacional do Unidades de Conservação**. Brasília, DF. Ministério do Meio Ambiente, 2025. Disponível em: <https://cnuc.mma.gov.br/>. Acesso em: 13 abr. 2025.

CALDERANO FILHO, B.; POLIVANOV, H.; CARVALHO JUNIOR, W. D.; CHAGAS, C. D. S.; CALDERANO, S. B. Avaliação da Vulnerabilidade Ambiental de Regiões Tropicais Montanhosas com suporte de SIG. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 35, n. 3, p. 269-288, 2018.

CARVALHO, G. O. T.; SILVA, N. C.; SALVIO, G. M. M. Vulnerabilidade ambiental em Áreas de Proteção Ambiental (APA) do Bioma Mata Atlântica na região sudeste brasileira. **Ciência Florestal**, v. 32, n. 3, p. 1575-1593, 2022.

CHAPE, S.; SPALDING, M.; JENKINS, M. **The world's protected areas: status, values and prospects in the 21st century**. Berkeley: University of California Press, 2008. 388p.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicado ao zoneamento ecológico econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: SAE/INPE, 2001.

DIAS, N. O.; MARTINS, F. C. M.; BARROS, K. O. Geotecnologia aplicada à diagnose ambiental: Reserva Biológica de Pinheiro Grosso, Barbacena-MG. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 116-129, 2022.

FANALLI, A. C. C.; CUNHA, J. E. F.; SILVA, M. A. D.; FRANÇA, L. C. J.; BRAVO, J. V. M. Fragilidade ambiental do Parque Estadual do Pau Furado e os impactos das atividades humanas em sua zona de amortecimento. **Nativa**, v. 12, n. 2, p. 267-273, 2024.

FIGUEIREDO, M. C. B.; VIEIRA, V. P. P. B.; MOTA, F. S. B.; ROSA, M. F.; SOUSA, S. A. M. **Análise da vulnerabilidade ambiental**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, Documentos, v. 127, 2010. 47p.

FIGUEIRÔA, C. F. B.; SALVIO, G. M. M. Analysis of the fragility of the environmental protection area Alto Rio Doce, mg, Brazil. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 4, p. 1008-1018, 2020.

GALVAO, T. F.; PEREIRA, M. G. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 23, n.1, p.183-184, 2014.

JORDÃO, C. O.; MORETTO, E. M. The environmental vulnerability and the territorial planning of the sugarcane cultivation. **Ambiente & Sociedade**, v. 18, n. 1, p. 75–92, 2015.

LIRA, K. C. S.; FRANCISCO, H. R.; FEIDEN, A. Classification of environmental fragility in watershed using Fuzzy logic and AHP method. **Sociedade & Natureza**, v. 34, p. e62872, 2022.

MARTINS, A. P.; DAMASCENO, C. E.; OLIVEIRA, B. J. S. Análise da paisagem na zona de amortecimento do Parque Nacional das Emas-Brasil. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 24, n. 48, 2020.

MEDEIROS, R. B., SANTOS, L. C. A.; BEZERRA, J. F. R., SILVA, Q. D.; MELO, S. N. Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Buriticupu, Maranhão - Brasil: o Relevo como Elemento Chave. **Sociedade & Natureza**, v. 35, p. e66679, 2023.

MICROSOFT CORPORATION. **Microsoft Office Excel [recurso eletrônico]**. 2021: versão 2502 (build 18.526.20168). Disponível em: <<https://www.microsoft.com/pt-br/microsoft-365/excel>>. Acesso em: 04 abr. 2025.

MIYAZAKI, L. C. P.; NUNES, J. O. R. Análise da vulnerabilidade socioambiental à ocupação do relevo na cidade de Presidente Prudente/SP. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities Research Medium**, v. 9, n. 2, p. 51-81, 2018.

PACHECO, F. F.; CASTRO, J. F. M. Fragilidade ambiental como instrumento de planejamento ambiental em Unidades de Conservação: o caso da APA Serra da Piedade – MG. **Entre-Lugar**, v. 13, n. 25, p. 117–152, 2022.

PAVANIN, E. V.; CHUERUBIM, M. L.; LÁZARO, B. O. Geoprocessamento aplicado ao estudo de vulnerabilidade do solo da bacia hidrográfica do córrego guaribas em Uberlândia-MG. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 13, n. 2, p. 17-31, 2017.

PINHEIRO, E.; SILVA, A. C. P.; SOLÓRZANO, A. Unidades de conservação: um panorama breve sobre o processo de construção da política ambiental brasileira. **GeoPUC – Revista da Pós-Graduação em Geografia da PUC-Rio**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 27, p. 12-33, 2021.

PIRES, L. C.; SILVA, L. F.; MENDONÇA, B. G.; BACANI, V. M. Análise da fragilidade ambiental do município de Aquidauana-MS. **Caderno de Geografia**, v. 25, n. 43, p. 52-65, 2015.

PUREZA, F.; PELLIN, A.; PÁDUA, C. **Unidades de Conservação: fatos e personagens que fizeram a história das categorias de manejo**. São Paulo: Matrix, 2015. 228 p.

REIS, T. E.; COSTA, V. C. Análise da vulnerabilidade na zona de amortecimento do Parque Estadual do Ibitipoca (MG), com o uso de SIG. **Geosul**, v. 32, n. 63, p. 77-97, 2017.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 63-74, 1994.

SALVIO, G. M. M. **Áreas Naturais Protegidas e Indicadores Socioeconômicos: o desafio da conservação da natureza**. Paco Editorial, 2017. 203p.

SANTOS, J. O. Relações entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social na susceptibilidade aos riscos. **Mercator (Fortaleza)**, v. 14, n. 2, p. 75–90, 2015.

SANTOS, M. B.; FARIA, K. M. S. Vulnerabilidades ambientais do Bioma Cerrado: Estudo da região Norte Goiano–Goiás. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v. 14, n. 34, p. 242-258, 2020.

SCARAMUSSA, L. M.; BORGES, L. A. C.; SANTOS, A. R. D.; VIEIRA, M. P. L.; PAUTZ, C., SCARAMUSSA, M.; SOUZA, R. M. D. Environmental vulnerability of Itabira Natural Monument, ES, Brazil. **Revista Árvore**, v. 47, p. e4725, 2023.

SILVA, E. F.; RUIVO, M. L.; LIMA, A. M.; SILVA, J. M. P.; MEIRELES, R. R. Avaliação da vulnerabilidade ambiental em unidades de conservação da Amazônia Legal Brasileira. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, Brasil, v. 44, p. e194462, 2024.

SOUSA, R.; ROCHA, G. C. Fragilidade ambiental da paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Camurupim, Piauí, Brasil. **Caderno de Geografia**, v. 34, n. 77, p. 396-396, 2024.

SOUZA, S. O.; VALE, C. C. Vulnerabilidade ambiental da planície costeira de Caravelas (BA) como subsídio ao ordenamento ambiental. **Sociedade & Natureza**, v. 28, p. 147-159, 2016.

TORRES, R.; COSENZA, B. Avaliação da gestão e sustentabilidade do Parque Nacional do Caparaó (Estados de Minas Gerais e Espírito Santo), Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 4, n. 8, p. 395-419, 2017.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 97p.

UNEP-WCMC; IUCN. **Protected Planet Report 2024**. Cambridge: UNEP-WCMC, 2024. Disponível em: < <https://digitalreport.protectedplanet.net/>>. Acesso em: 20 abr. 2025.

VALLE, I. C.; FRANCELINO, M. R.; PINHEIRO, H. S. K. Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 2, p. 295–308, abr. 2016.

WEISS, R.; PIPPI, L. G. A. Análise multicritério na definição de vulnerabilidade ambiental. **Terr@ Plural**, v. 13, n. 3, p. 272-295, 2019.

Recebido: 23/04/2025

Aceito: 20/06/2025